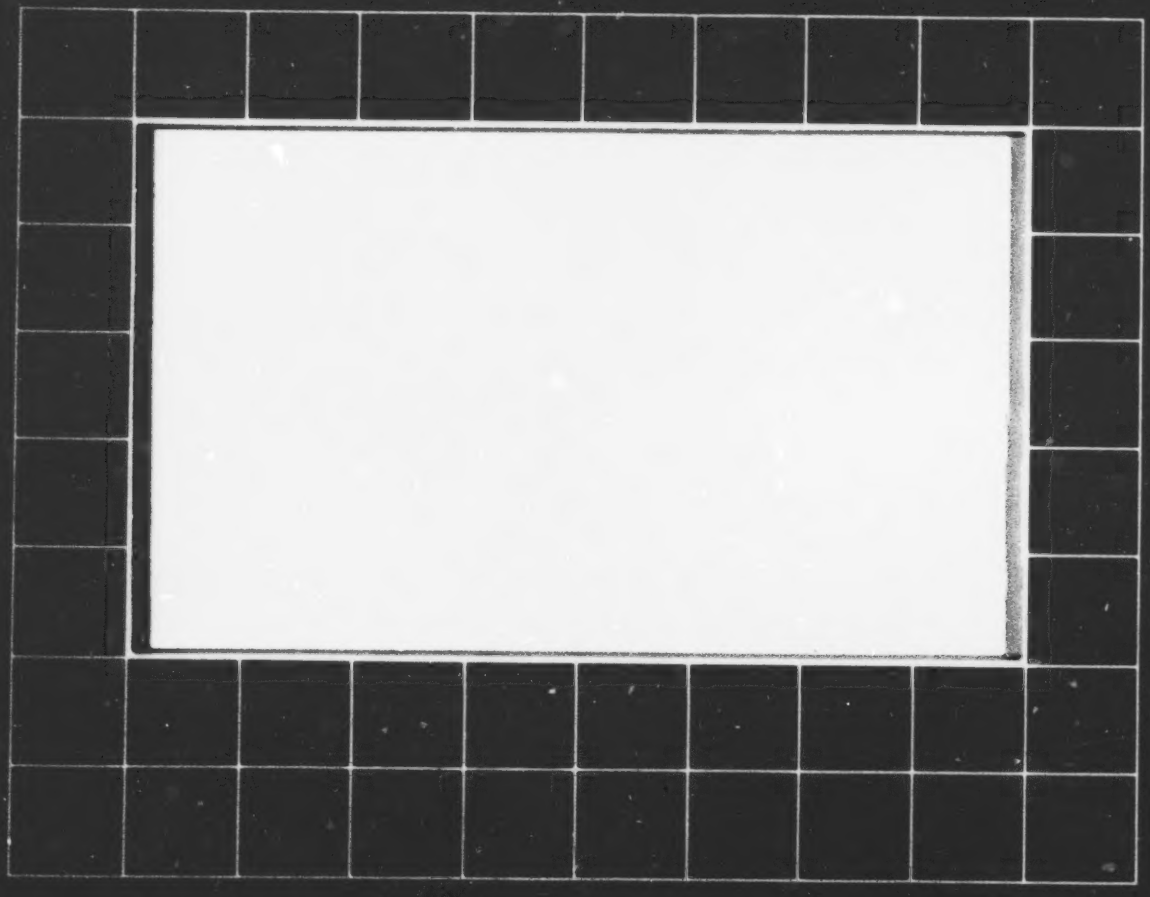
Employment and Immigration Canada

Emploi et Immigration Canada



Canada

THE CANADIAN OCCUPATIONAL
PROJECTION SYSTEM
C.O.P.S.

THE LASER IN CANADA:
IMPLICATIONS FOR EMPLOYMENT

A P R E L I M I N A R Y R E P O R T

Prepared By:
A.D. Revill Associates Limited

Prepared For:
Canadian Occupational Projection System (C.O.P.S.)
Strategic Policy and Planning
Labour Market Outlook and Structural Analysis Branch
Canada Employment and Immigration Commission

February, 1984

WH-3-427

This report was prepared by A.D. Revill Associates Limited for the Labour Market Outlook and Structural Analysis Branch. The opinions expressed are those of the author and do not necessarily reflect those of the Branch or of the Government of Canada.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
	TABLE OF CONTENTS	i
1.0	INTRODUCTION	1
2.0	HISTORICAL DEVELOPMENT	2
3.0	APPLICATIONS	2
3.1	INDUSTRIAL USE OF LASERS	3
3.1.1	Introduction	3
3.1.2	Drilling	3
3.1.3	Cutting	4
3.1.4	Stripping	5
3.1.5	Dynamic Balancing	6
3.1.6	Welding	6
3.1.7	Surface Hardening	8
3.1.8	Cladding	8
3.1.9	Marking and Engraving	8
3.1.10	Measuring and Inspecting	9
3.2	COMMERCIAL APPLICATIONS	10
3.3	CHEMICAL USES	10
3.3.1	Introduction	10
3.3.2	Spectroscopy	10
3.3.3	Control of Reactions	11
3.3.4	Isotope Separation	11
3.4	LASER COMMUNICATION	12
3.4.1	Data Transmission	12
3.4.2	Data Storage	12
3.4.3	Data Processing	13
3.4.4	Printing and Graphics With Lasers	13
3.5	SURVEYING	14
3.6	LASER TRACKING AND SCANNING	14
3.7	MEDICAL USES	15
3.8	MILITARY APPLICATIONS	15
4.0	THE LASER INDUSTRY	16

		PAGE
4.1	NEW MANUFACTURING CONCERNS	16
4.2	SALES IN THE CANADIAN MARKET BY FOREIGN SUPPLIERS	17
4.3	LASER RESEARCH	18
4.3.1	Majestic Lasers Incorporated	19
4.3.2	Canarctic Ventures Ltd. - Laser Project	19
5.0	IMPACT ON LABOUR MARKET	19
5.1	REQUIREMENTS IN LASER MANUFACTURE	19
5.2	LABOUR DEMAND WITHIN EDUCATIONAL INSTITUTIONS	22
5.3	LABOUR DEMAND IN THE INDUSTRIAL SECTOR	22
5.4	DISPLACEMENT OF LABOUR	23
6.0	QUANTITATIVE ESTIMATES OF EFFECTS ON THE LABOUR MARKET	24
6.1	EMPLOYMENT BY CANADIAN LASER MANUFACTURERS	24
6.2	PENETRATION OF THE INDUSTRIAL MARKET	24
7.0	RECOMMENDATIONS FOR FURTHER RESEARCH	25
	BIBLIOGRAPHY	26

THE LASER IN CANADA: IMPLICATIONS FOR EMPLOYMENT

A PRELIMINARY EXAMINATION

1.0 INTRODUCTION

The laser is a novel source of electro-magnetic radiation extending from the ultra-violet to the far infra-red. This radiation differs from that from conventional sources in two important respects. First, although there are lasers which can produce radiation almost anywhere within this broad range the radiation of any individual unit is confined to a very narrow band, being very close to a single frequency.

The source of the radiation is the emission of photons as electrons in atoms or molecules lose quanta of energy acquired from some external source. Exactly the same mechanism is responsible for the light from a fluorescent lamp but in this case the photons are emitted in a random fashion and the resulting light is said to be incoherent. In a laser, each wavelet is exactly in phase with all others and the light exhibits the second important difference, that of coherence.

These two characteristics make it possible to focus the energy in the light of a laser very precisely to a small spot. By thus concentrating the energy, relatively modest amounts can produce local heating sufficiently intense to melt or even vapourize most materials. The light can also be made to form a beam which is almost perfectly collinear, that is it spreads only very slightly with distance. This makes it possible to produce heating effects at a considerable distance from the source, or the beam itself can be used for remote alignment and positioning, or modulated, can serve as a means of communication. The purity of frequency of the radiation is also useful in making precise measurements and in certain sophisticated optical and photographic techniques.

2.0 HISTORICAL DEVELOPMENT

The laser was originally conceived in the late 1950's as being an extension to the visible part of the electromagnetic spectrum of a phenomenon demonstrated some years before in the microwave region. By mid 1960 a pulsed beam of collimated red light at a wavelength of 0.6943 micro-metres was produced using a ruby rod as the lasing medium.

By about a year later another significant advance had been made with the demonstration of the first gas laser utilizing a mixture of helium and neon. It was capable of continuous, as distinct from pulsed, operation and produced radiation in the infra-red.

In the following year the same medium was made to operate in the visible spectrum.

In this same year, 1962, a totally new type, the semi-conductor laser, was invented. Unlike the units which preceded it the semi-conductor laser was very small physically and developed tiny amounts of output energy but for the purpose for which this was intended a small power level was adequate. It was the rate at which it could be switched which was important. Development over the next two decades have made possible an entirely new mode of communication.

Also during the 1960's most of the practical applications which are now being made were first proposed. That the actual use in industry has been delayed for a decade or more was due in large measure to the difficulty of developing industrial tools from laboratory devices.

3.0 APPLICATIONS

The list of industrial, medical and scientific processes to which the laser has been applied is a long one. They fall into a much smaller number of

broad categories, but in considering the labour implications it is important to retain the focus upon the specific rather than the general. For example, using a laser cutting tool to cut wafers of silicon in the manufacture of large scale integrated circuits, would be in the same general grouping of applications as the use in cutting the fabric from which men's suits are made. However, the two could well have quite different effects on the demand for labour and the nature of the skills required by the workers in the industry concerned. Thus the list which follows serves mainly to indicate the scope of the problem which must be addressed in making any judgement about how this relatively new and exciting development may affect Canada's employment picture in the years ahead.

3.1 INDUSTRIAL USES OF LASERS

3.1.1 Introduction

The laser has gradually become an important industrial tool making possible some operations which could not be performed at all without it and doing others more economically than by conventional means.

In general lasers are most likely to be chosen where the material to be worked on is very hard, brittle or is difficult to process by other methods for other reasons, or where extreme precision in cutting or drilling is necessary. Because the heating effect of a laser beam can be confined to a tiny area of a workpiece it makes possible such operations as welding on assemblies where some of the parts are sensitive to heat. The specific operations described briefly below represent only a sample of those which lasers now perform routinely or for which they are being considered.

3.1.2 Drilling

When the beam of a laser with an average power of only some tens of watts is focussed onto an area, a small fraction of a millimetre in diameter, the intensity at the spot is measured in billions of watts per square centi-

metre. This is sufficient to vapourize most materials and a tiny crater is formed at the point. Depending upon the material thickness, the actual power level of the beam and a number of other factors, the hole may perforate the material or penetrate it only partially.

Hole drilling with lasers has several important advantages. Material as hard and difficult to cut as diamond or sapphire are easily penetrated by the beam. In other applications it is the opposite attribute of the material which makes the use of a laser the method of choice. The rubber nipples for baby's bottles require a tiny hole and because of their flexibility are difficult to deal with, a laser having no direct contact, performs the task readily. The paper for some cigarettes is perforated with tiny holes to control the temperature of the smoke in order to reduce the level of tar and other carcinogens and this too is done with lasers.

There are limitations however. The depth of holes, particularly in metals, is limited by the presence of the vapour of the solid material within the cavity, because this shields the base of the hole. Increasing beam power or the pulse length, deepens the hole up to a point, but general heating of the work area, re-solidification of material at the top of the hole and irregularity in hole diameter set the final limit, which is probably about 1.5 cms. for metals.

3.1.3 Cutting

Cutting with a laser beam is an extension of the drilling operation, achieved by moving either the beam or the work piece and both methods are used.

Cutting with a laser is easier than drilling in many respects. There is often less concern about the finish of the cavity and because the material is to be fully perforated, a jet of oxygen can enhance the cutting power in metals. Where the finish of the cut edge of flammable materials is critical, a jet of an inert gas can be used.

Almost any material can be cut with a laser beam but to be economic it must offer some practical advantage over other processes. It does so in cutting and trimming silicon, ceramic, sapphire and other non-metallic substrates for electronic components where the extreme precision with which the cut can be made is an important factor. Some cuts which are made with lasers in these materials could be done in no other way.

Cloth can be readily cut by any of several means but a laser beam positioned by a computer offers a means of cutting complex shapes easily and accurately. The method is being used by manufacturers of men's clothing who typically require only a small number of suits of a particular material and size. The laser easily makes the cuts in a single thickness of cloth, leaving a neat non-ravelling edge. Because women's clothes tend to be produced in larger quantities in a given fabric, cutting more than 'one-high' is usual and a laser is not adapted to this.

Another application to the clothing industry is the making of cardboard patterns from which leather for shoes is to be cut. Variations in its density and thickness make cutting of the leather itself difficult with a laser.

Precision cutting of non-metallic materials is also required in the manufacture of steel-rule dies. These are used to cut complex shapes in sheet stock of various kinds, the cardboard from which boxes and other packages are made being a common example. The die operates exactly like a cookie cutter and is made by setting steel strip into a groove cut in plywood or some similar material. The grooves can be cut by a router but a laser beam can do it more quickly and with greater precision.

3.1.4 Stripping

The ability of a laser beam to vapourize material is applied to other industrial tasks. The insulation on some wire is very difficult to remove by most methods but yields readily to the laser beam.

The resistance element in electronic circuits may consist of a film of carbon or other material deposited on a non-conductive substrate. Cutting through the film so as to leave a narrow ribbon of the conductive film makes it possible to produce a resistor of almost any required value. If this is done with a laser beam the resistance can be monitored during the cutting. By this means resistors accurate to within 0.1 per cent of the desired value can be made.

The beam can also be used to produce a perfectly clean surface for the vacuum deposition of a film of metal or other material or for any other process requiring a surface free of foreign substances.

3.1.5 Dynamic Balancing

Components to be rotated at high speed must be precisely balanced if excessive vibration and bearing wear is to be avoided. To achieve this balance using conventional processes it is necessary to rotate the part, identify the portion from which weight must be removed, stop the rotation, remove some material and repeat until a satisfactory balance is obtained. Using a laser, a beam can be directed to the rotating part and a short pulse of energy delivered while the part is actually spinning. This burst of laser light can be so short, a few millionths of a second, that even at rotational rates up to 24,000 r.p.m. the distance travelled during it is very small and the weight removed comes from essentially one spot. The amount of material removed would typically be of the order of a milligram per pulse.

3.1.6 Welding

Lasers are now used extensively for specialized welding tasks. These include the welding of terminals to large scale integrated circuits, the 'chips', which are the active component in many miniature electronic devices such as calculators, mini-computers and electronic games.

At higher power levels they are used for welding larger electronic components such as hermetically sealed relays in which glass feed-throughs

would be damaged by the heat if any other welding method were used. At somewhat higher power levels lasers are employed in welding refrigerator doors so cleanly and neatly that no final finishing is required before painting.

At still higher levels of power, inch thick stainless steel plates may be welded at speeds up to 60 inches per minute. Experiments on two inch thick material using a laser power of 80 kW have shown that even on this thickness speeds of over 60 inches per minute are attainable.

Welding of ordinary mild steel under typical industrial conditions is usually done more cheaply with conventional welding techniques but this is not necessarily the case. The ability to direct a beam into a difficult to reach corner may make laser welding more attractive than any alternative. However, not all such applications turn out well. The Ford Motor Car Co. purchased a large and complex system designed to weld car underbodies. It proved to be impractical because of variations in components which would have been acceptable for resistance welding where the electrodes provide clamping forces during the weld cycle.

Welding dissimilar metals or those with very low melting points such as lead is often easier with a laser than by any other means.

The welding of large diameter pipe for oil and gas pipelines both in the plant where it is manufactured and in the field is a demanding task. The quality of the weld is critical because the failure of a joint would necessitate shutting down the line while repairs were being made, to say nothing of the risk of environmental damage or the hazard to life and property.

The difficulties and costs of repairs are compounded if the pipeline is in a remote location, is buried or under water. Because of these factors it is usual to subject each inch of weld to x-ray examination and reject rates as high as 70 per cent have been reported.

Lasers offer a solution to these problems. The weld produced is inherently better, the entire operation can be automated and the quality of the work maintained with much greater assurance than with manual welding. These advantages apply even when the metal to be welded is one of the new high alloy steels which are virtually impossible to weld with conventional techniques. Although the equipment is expensive it is fast and offers saving in labour costs. Finally no weld rod or other filler metal is required and this represents a significant reduction in costs. For a further discussion of this see Section 5.0 below.

3.1.7 Surface Hardening

Many metals can be hardened by an appropriate cycle of heating and cooling. This comes about because of changes in grain size or in the way in which the various components are distributed throughout the material. When the entire part is heated, as it is in most hardening processes, it may be distorted, or in the case of assemblies of more than one material the temperature regime which is optimum for one may not suit another. A laser is capable of producing local heating without changing the temperature of the entire part to any great extent, so avoiding distortion or damage to an adjacent component.

3.1.8 Cladding

The process of forming an alloy on the surface of a component is similar to hardening with the addition of a powdered metal to be fused as a film on the surface. This can change the wear resistance or other characteristic of a part and because the heat, while intense, is applied for only a short time, distortion is reduced or even avoided altogether.

3.1.9 Marking and Engraving

The ability of a laser beam to vapourize the surface of a target is utilized in one of two ways in marking alpha-numeric or other characters on parts, assemblies or packages of almost any type.

The more obvious of these, using the beam to 'write' in the same style as a dot matrix printer is very flexible and can be controlled manually from a keyboard or by a computer.

The alternative method is akin to stencilling. Instead of using a sharply focused beam, a broader beam floods the area on which the marking is required. A mask with the desired information cut out interrupts the unwanted parts of the stream of photons and all the characters which are cut out in the mask are marked at once.

In order to increase the flexibility of this method, a rotating disc with a selection of characters cut out may be used in place of a fixed mask. The instantaneous position of the disc is sensed and the information fed to a microcomputer which fires the laser when the desired symbol is in the correct position. Because the length of the pulse is of the order of a microsecond, there is negligible blurring caused by mask motion during the pulse.

The method involving the use of a mask is much less expensive than the dot matrix approach and is widely used for code dating perishable products. The rotating mask lends itself to the marking of manufacturer's product codes on packaged goods or to piece parts during the manufacturing process.

3.1.10 Measuring and Inspecting

The coherence of the light from a laser can be employed in a number of different ways in precision measuring. These depend upon the fact that when reflected parts of the beam recombine with the incident rays the sum is dependent upon the difference in path length that the two parts have followed. If this is an even number of half wave lengths the waves will be in phase and the light will be maximum, if the difference is an odd number the waves will be out of phase and the light will be minimum. The resulting interference pattern of light and dark can be interpreted to provide information about the nature of the reflecting surface.

The surface roughness of components which are apparently perfectly smooth, produces a random pattern referred to as 'speckles' and the nature of the pattern says something of the surface condition.

More sophisticated inspection techniques employing holograms can show how a part distorts under stress and by changes in the pattern, identify areas of stress concentration which could lead to eventual failure.

3.2 COMMERCIAL APPLICATIONS

One of the most rapidly growing areas of laser application is in supermarket check-outs. A laser beam scans the product identification code and enters the information in the computer which has current price information stored in its memory. As items are passed over the scanner, the customer's bill is prepared showing the description of the article purchased and the price charged. At the same time the store's inventory record is revised to show that the stock has been reduced by the sale.

3.3 CHEMICAL USES

3.3.1 Introduction

The laser is now being used extensively in research work in chemistry and offers promise of application in such sophisticated chemical fields as isotope separation.

3.3.2 Spectroscopy

Among the research uses of lasers is Raman spectroscopy. In this the spectral lines resulting from the scattering of energy by molecules help the study of molecular structure or identify the substances present in a sample, as for example the pollutants in air.

Although Raman scattering was known and studied before lasers, the purity and intensity of their light is much more satisfactory for the

purpose than the best which conventional light sources can provide. The technique can be used for detecting drugs in body fluids or for measuring impurities in other samples.

In absorption spectroscopy the energy of the beam is absorbed at specific frequencies by atoms or molecules in the sample being studied. The resulting spectrum shows dark lines corresponding to these frequencies, plus or minus the changes caused by the motion of the atoms and molecules. The lines which result after this Doppler broadening do not necessarily display all the fine structure corresponding to each molecular resonance. By using a laser whose frequency can be adjusted over a narrow band and appropriate beam splitting techniques the fine structure can be revealed.

3.3.3 Control of Reactions

The ability to tune a laser to the frequency associated with a particular energy transition in a molecule makes it possible to accelerate a desired reaction and the ability to limit the duration of the light pulse to a few billionths of a second allows the study of reactions which take place in times of this order of magnitude.

3.3.4 Isotope Separation

A potential application which might be employed on an industrial scale is for the separation of isotopes. Isotopes are atoms of an element which have slight differences in atomic weight. They can be separated by capitalizing on one of the different ways in which the atoms react to external forces. In separation using laser light the difference to be exploited is the slight difference in the frequencies absorbed. Thus a tunable laser can excite the atom of one isotope while leaving the other unaffected. The absorption of energy gives the atom momentum in a direction normal to the incident beam thus making physical separation possible. The method would appear to offer some energy advantages over such others as the gas centrifuge.

3.4 LASER COMMUNICATION

3.4.1 Data Transmission

One of the problems which until recently seemed intractable was the limitation on the bandwidth available in the electro-magnetic spectrum for communication purposes. It is an unavoidable fact that the rate at which information can be transmitted is related to bandwidth and for the high rates of information transmission required by the modern world for business and entertainment, the useable portion of the spectrum was becoming crowded.

The response to this crowding had always been to move to higher and higher frequencies where the required bandwidth was a smaller fraction of the carrier frequency. However, until the advent of the laser, there was no means of exploiting the frequencies from the far infra-red on through the visible spectrum to the ultra-violet.

By pulse modulating a laser and transmitting the resulting pulse train over an optical fibre, not only does the enormous bandwidth of this portion of the spectrum become available but there is freedom from crosstalk which plagued multi-circuit telephony, whether carried by wire or microwave.

There is, as of early 1984, some 300,000 kilometres of optical fibre in service in North America and there is little doubt that its use will spread rapidly. However, it has been estimated that the value of the telephone plant is of the order of 10 billion dollars and this will not be abandoned lightly.

3.4.2 Data Storage

The demand for the storage of data in machine readable form is expanding along with the requirement for its transmission. The laser has been proposed as one of the key components in several data storage schemes including the use of thermomagnetic, ferroelectric and photocromic materials. Kodak has just announced the availability of a storage disc comparable in

size with the magnetic storage discs used in large computers but with more than 100 times the storage capacity.

Storage of a somewhat different kind of information is the role of the video disc used for the playback of sound and picture information in home video equipment again using laser light.

Using techniques similar to that on the video disc, a card about the size of a credit card is used to provide either read-only memory or write and read storage for micro and mini-computers.

Holographic techniques somewhat similar to those used in the inspection process mentioned briefly above have also been proposed for data storage but are currently not showing great promise.

3.4.3 Data Processing

Optical methods using a laser as the source of light can be used to remove unwanted detail from photographs and by extension of the method to enhance the reproduction from a series of photo transparencies which differ only in the amount of random noise in each. Other possibilities have been suggested including some which showed promise in the 1960's and may yet prove useful.

3.4.4 Printing and Graphics with Lasers

Lasers are employed in several commercially available printers useful where there is a requirement for a computer print out consisting of many hundreds of pages. Printers capable of working on line with a high speed computer and generating up to 20,000 lines of text per minute are now available.

One machine is operating in Canada (London Free Press) producing half tone and photo polymer plates. While few companies other than newspaper publishers have a need for such speed and versatility, custom operators

handling the work of several firms may be able to justify the cost of such machines (approx. $500,000.00).

As the field expands, lower cost versions, with perhaps, lesser capabilities will no doubt become available.

3.5 SURVEYING

The preparation of accurate profiles for large scale maps used to require a survey crew to chain distances and read levels using parties of at least three and frequently four men. One such task completed quite early in the history of laser survey equipment (1972) involved mapping a 310 square mile area in Grand Canyon (U.S.) National Park. With conventional equipment, it is estimated it would have required 100 man years but using laser equipment it was completed in six man days!

Laser equipment in which the narrow beam is used for precise alignment is employed in construction work to ensure precision in levelling over long distances. The same need is met in machines which utilize a laser beam to control the level of land being readied for irrigation.

3.6 LASER TRACKING AND SCANNING

Lasers are utilized in tracking and range finding in exactly the same way in which radar is used, with the added advantage of the greater precision associated with the narrow beam width and shorter pulse. Applied to measuring the distance to the moon, the accuracy was estimated to be within about 15 cms. as of 1974 and it was expected that shorter pulses would reduce the probable error to 2 - 3 cms.

In another application a geodetic satellite carrying reflectors is illuminated with laser pulses from different points on the earth's surface. Because

the distance from the earth station to the satellite is read out to within about 2 cms., the distance between any two ground stations can be computed to about the same degree of precision. Measurements made over a period of years will measure the velocity of the movement of tectonic plates and may have predictive value in case of earthquakes.

3.7 MEDICAL USES

Lasers are being used in several surgical procedures, particularly in ophthalmology. They make it possible to deal with detached retinae, clouded lenses and fibrous invasion of the vitreous humour among others.

They are also useful in dermatology for the removal of disfiguring marks on the skin or for the treatment of skin cancer.

They have been applied in dentistry, micro-surgery on organs other than the eye and offer some advantages including reduced loss of blood in other surgical procedures.

3.8 MILITARY APPLICATIONS

The laser is employed in a number of pieces of military equipment for range finding and is proposed as a weapon for the interception of missiles. Unlike rockets or physical projectiles, a laser pulse travels at a speed of about 3×10^{10} meters per second (approx. 186,000 miles per second) so that no evasive action is possible. It is not known if enough power is available to do sufficient damage to ensure a kill under all atmospheric conditions and no reliable current information is publicly available.

An unpleasant weapon designed to blind an observer is proposed for defensive purposes and no doubt other military devices are under development.

4.0 THE LASER INDUSTRY

The laser industry is characterized so far by a large number of relatively small companies, each of which is trying to achieve a firm position for itself in some niche. A survey in January 1983 by one of the leading journals in the field, Laser Focus, covered forty companies, most of which were in the U.S.A.

Except for a handful, for which laser production is only one activity among others, none would be considered large by the usual standards of corporate size, although total sales in North America probably exceeded $1.5 billion* in 1983. Of this volume about half, was for various military applications, with the remainder divided roughly 60:40 between commercial and other than military sales to various levels of government, principally to U.S. Federal departments and agencies.

4.1 NEW MANUFACTURING CONCERNS

A report on the American industry in one of the leading trade journals, (Laser Focus) made the point that there was now very little prospect of success for a new manufacturing venture. Most of the promising applications of lasers require a very large amount of ancillary equipment so that the laser itself may represent ten percent or less of the total sale. Thus, in order to compete for a share of this end-use business a firm would have to be capable of manufacturing, or at least assembling such complex equipment as material handling and positioning devices with very sophisticated controls. If the OEM market were to be the target it is beginning to demand a level of performance reliability that any new enterprise would find difficult to provide. There is always the chance that a new invention will make it possible to tackle some research problem which until then was

---

* The level of sales is influenced by the definition of what a laser actually is. As more of the peripheral equipment is included in the definition, the apparent sales volume rises.

insolvable, or which would offer such a production advantage that sales would follow without difficulty. The argument against that, quite aside from its improbability, is that this is not an easy time to finance new companies and if such an inventor were to appear he would probably sell to, or work for, one of the companies already in the business.

4.2 SALES IN THE CANADIAN MARKET BY FOREIGN SUPPLIERS

At least two of the larger American companies in the laser field, Coherent and Spectra, have sales representation in Canada and others may be represented here as well. Allen Crawford Associates which sells for Coherent offers only the company's scientific and medical products, the American firm retaining sales rights to its industrial product line. A similar situation applies with respect to Technical Marketing Associates and their principal, Spectra Physics.

Probably the most far reaching effect of lasers may come about from the eventual application of the semi-conductor laser in the communications field. Some idea of the possible impact which these devices might have can be appreciated from the enormous rate at which data could be transmitted if they were fully exploited. It has been estimated that the entire text of four 30 volume sets of Encyclopedia Britannica could be transmitted using a fibre optics link and semi-conductor lasers in one second! The expected error rate of transmitting at this rate over a path one hundred kilometres in length would be so low that the probable error would be the reproduction of one letter in upper case instead of in lower. As the demand for transmission links for data, television and other services continues to grow it is to be expected that optical transmission will replace electrical impulses. This will reduce the demand for copper wire as well as changing the skill requirements of many telephone personnel.

The rate at which this development is likely to occur is unknown nor is it clear how these devices will be introduced.

Another application of lasers may become significant in the future although it is unlikely to have any great impact on the labour market. The light from a laser operating in the visible spectrum and reflected from a surface exhibits what is inferred to as speckles due to the destructive and constructive interference caused by the variations in path length associated with surface irregularities. This phenomenon can be utilized to 'read' a video signal stored as surface irregularities on a disc. Because nothing touches the disc surface there is no wear, the laser beam can penetrate a transparent protective coating which protects the disc from surface scratches and a very high quality reproduction is possible. As in the case of the communications lasers above, the way in which these units will reach the Canadian market is unknown but they will likely be manufactured elsewhere.

4.3 LASER RESEARCH

There is active interest in laser research throughout the world. It extends from further development of the semi-conductor laser at power levels of microwatts to the design of units for high speed welding capable of continuous operation at 150 kW and beyond. A great deal of the work is being done in the United States but there is considerable research and development and limited manufacture in other parts of the world. Japan is a principal contender, their advances in the fields of semi-conductor and high power $C0_2$ lasers being noted particularly in the American literature. It is probable that a full study of their work in the area would disclose additional fields of interest.

A study of European activity in June 1983 listed 131 institutions carrying on research in every aspect of the theory and application of lasers.

In addition to the five Canadian companies presently in commercial production several Canadian universities (Toronto, York, Alberta and probably others) are engaged in investigation of these devices. The National Research Council certainly and the Defence Research Establishment probably, are doing basic research but the development which just might have

the greatest potential for affecting the labour market is going on in Edmonton, Alberta and in Richmond, B.C.

4.3.1 Majestic Lasers Incorporated

This is a wholly owned subsidiary of Majestic Contractors Ltd. of Edmonton. The parent company carries on a world-wide contracting business devoted largely to the petroleum industry; pipelines, terminals and refineries are typical of the projects undertaken. The companies own experience with the difficulty of producing satisfactory welds under field conditions led them to establish the laser subsidiary about two years ago.

The laser itself is operating and present activity is centred on the robotics to manipulate the workpieces, to position the welding head and to perform the necessary inspections of the finished weld.

The laser is a CO_2 type capable of some 'tens of kilowatts' of continuous output power. This would give it a welding speed of one to two metres a minute on steel typical of large diameter pipe, a speed considerably in excess of anything which can be done with conventional equipment. It is said to be adaptable to factory or field use.

4.3.2 Canarctic Ventures Ltd. - Laser Project

This organization located in Richmond, B.C. appears to be a company very similar to Majestic Laser. It is also owned by a pipeline contractor and is also still in the development phase.

5.0 IMPACT ON LABOUR MARKET

5.1 REQUIREMENTS IN LASER MANUFACTURE

The first and most obvious effect on the demand for labour will be that from within the laser manufacturing industry itself. This includes the two companies in western Canada which are now in the final stages of product

development. The potential demand for labour of all types five years from now was discussed with the representative of each of five eastern Canadian companies during the fact finding interview. These companies were Gen-Tech, Lumonics, M.P.B. Technologies Ltd., Photochemical Research Associates Ltd., and Ultra Laser Tech. As most companies regard five years as being at the very limit of what can be considered the forseeable future, none wanted their estimates of labour needs to be taken as very firm.

Table 1 following presents current employment as reported by each of the firms; utilizes the projections of growth offered by those which are now in production and assumes the same rate of growth for the two which have not yet reached that stage.

TABLE 1

PRESENT AND FORECAST EMPLOYMENT IN LASER MANUFACTURE IN CANADA BY CLASS OF LABOUR

Class of Labour	Employed in 1983	Forecast for 1988
Engineers & Physicists	67	359
Technologists and Tech'ns	64	453
Assembly Operators	52	480
Other	32	120
Total in Industry	215	1412

5.2 LABOUR DEMAND WITHIN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

The growth of the laser industry in Canada will create some new jobs and also the need to train persons to fill them. This will have a minor effect on the hiring of new technical staff at community colleges and where the expertise does not already exist, within the universities. The number of such positions within the next five years is undoubtedly small, probably no more than five or ten.

The employment in training institutions may be increased still further to provide somewhat modified training in the medical disciplines to which the laser is adapted. This training may encompass not only students aiming for the professional practice of medicine, but also laboratory technologists and technicians who will be required to use and maintain the equipment. The resulting demand for trained instructors is again difficult to estimate, particularly as the number now available at universities is unknown. It does not seem improbable to suggest that there will be at least one technologist on every university campus who is fairly conversant with a range of laser equipment and such an individual might be capable of both maintaining the institution's own equipment and also functioning as a demonstrator in laboratory courses.

While we are concerned here only with the possible effects of lasers on employment, the introduction of electronics into many areas of science will undoubtedly demand different skills in many scientific disciplines. Perhaps because much of their equipment is made under their direct supervision many research workers are accustomed to maintaining it within their own institutions and as new technologies are introduced into their laboratories there will be an increasing demand for technicians trained to apply them.

5.3 LABOUR DEMAND IN THE INDUSTRIAL SECTOR

Laser equipment is expensive and, in common with most other industrial machines, dangerous unless handled properly. For both reasons it is to

be expected that manufacturers introducing such equipment will want suitable personnel available to operate and maintain it. It seems to be the usual practice in the United States for the laser equipment manufacturers to undertake all, or most, of the training of their customer's employees with respect to the aspects of their new assignments which relate to lasers themselves. The prerequisite educational background which these manufacturers expect before accepting candidates for training is not known, but may well exceed that commonly found in many of the industries in which lasers are, or may be, employed. Thus, a man's clothing manufacturer may have to hire one or more electronic technicians at about the same time as an order for a cloth cutting machine is placed. Similar considerations would likely apply in firms manufacturing cardboard containers if they decided to use a laser cutting tool to make their steel rule dies.

Lasers applied within the electronics industry itself for cutting and trimming electronic components may be a new tool, but it would not likely be beyond the expertise of at least some of the company's personnel to acquire the specialized know-how required to use them. There may be an opportunity in Canada for the establishment of a laser job shop capable of doing a wide range of industrial operations on a custom basis. If such an industry could become established it would create some further demand for highly skilled and versatile engineers and technicians.

5.4 DISPLACEMENT OF LABOUR

One of the principal attractions to management in the purchase of new production equipment is the prospect of reduced costs. These are usually labour costs and while the persons displaced from a job may find employment elsewhere in the company, this is not always the case.

The analysis of the productivity of a computer controlled laser cutting machine in a British sheet metal fabricating shop showed that the one machine could do the work of eighteen manual cutters. There are, no doubt, similar statistics relating to the employment of cloth cutting

machines in the tailoring business or in the fabrication of steel rule dies for making paper boxes.

If laser welding offers anything like the technological advantages which its proponents claim this will undoubtedly have a major impact on employment in this trade.

6.0 QUANTITATIVE ESTIMATES OF EFFECTS ON THE LABOUR MARKET

6.1 EMPLOYMENT BY CANADIAN LASER MANUFACTURERS

The table of Section 5 showing the forecast of the number of persons required by the manufacturing industry is based upon sales forecasts offered by each company. If all of these were realized the Canadian branch of the laser manufacturing industry would be expanding for the next five years at a rate roughly three times that which was attained (measured in constant dollars) by the North American industry as a whole in the decade 1971 to 1981. While this is not impossible it would be prudent to consider the estimated labour demand to be at the upper end of probability.

6.2 PENETRATION OF THE INDUSTRIAL MARKET

From our initial survey it appears that lasers are not yet employed in Canadian industry to any significant extent. It seems that there may be two quite distinct factors which will influence the development of this market.

As has been noted above, the sale of laser equipment to a manufacturer necessitates a good understanding of his processes and this suggests that lasers will be applied along industrial lines rather than geographic ones. One might, therefore, expect that the Canadian subsidiaries of American companies which use lasers would be logical customers here. However, the second factor may come into play at this point. Laser equipment being

expensive and productive it is sound business to utilize a machine to its fullest extent before acquiring a second. Thus it may be that in at least some cases production can be shared between the American parent and the Canadian branch plant so that all production operations using the laser equipment are done in the U.S.

Even if the Canadian branch of a U.S. customer were a logical target for a sales effort it may be more cost-effective for a company based in California to seek new industrial users within its own geographic area rather than sticking with exploitation of one industrial sector.

A determination of the rate at which lasers are likely to be employed in Canada and the possible effects on labour would necessitate some additional work and this is described briefly in the following.

7.0 RECOMMENDATIONS FOR FURTHER RESEARCH

Of all the possible applications of lasers in Canada the one which appears to have the greatest immediate potential impact on the labour market is their use in the welding of the heavy steel and steel alloys typical of pipelines, oil refineries and in ship building. Assessing the potential labour effect of these high power welding devices is probably important. Many Canadian workers are classified as welders and while only some of these would be affected by the laser equipment discussed the number may be significant.

A first step would be to make an estimate of the number of workers whose jobs would be at risk if the expectations for the equipment are realized. This would provide some indication of the value of a more detailed analysis of the market and the preparation of a forecast of the rate at which it might develop.

The rate at which the manufacturing field as a whole can be expected to adopt lasers and the possible effects on labour demand which would result could best be determined from an analysis of the American experience but it is doubtful if this is warranted.

BIBLIOGRAPHY

Anon, Advances in Comercial Lasers, Laser Focus, January 1983

Anon, Bureax with lasers are taking the printing strain, Computer Weekly, Sept. 1983

Anon, Colloquium on New Tools for Industrial Processes, London, England, April 1983, p.22

Anon, Forecast in February issue reprinted from Laser Report, January 1982

Anon, Guide to European Laser Activity, Laser Focus, June 1983

Anon, 1981 Economic Review: A Summary, Laser Focus, February 1982

Anon, Lasers in Industry, Energy & Photochemistry, Intl. Res. Dev. Inc., Norwalk, Conn. 1979

Anon, Lasers operation equipment application & design Coherent Inc. McGraw-Hill 1980

Anon, Review & Outlook 1981, Laser Focus, January 1981

BANAS, C.M., R. WEBB, Proc. Welding, Proc. IEEE, June 1982

BANAS, C.M., R. WEBB, Macro-Materials Processing, Proc. IEEE(USA), Res. Center, United Technol. Corp., East Hartford, Ct., June 1982, p.556-65

BELLIS, Jeanette, Lasers: Operation, Equipment, BASS, Michael, Laser Materials Processing, Materials Processing Theory and Practices, V.3, Elsevier Science, 1983, p.480

BRUNNER, T.M., Laser Industry Looks at Laser Medicine and Surgery, Proc. Spie Int. Soc. Opt. Eng. (USA), Lasers in Medicine and Surgery, San Diego, Calif., August 1982, p.7-10

CASEY, D., Newspapers Cool off Hot Metal and Turn to Atex, Computing (GB), August 1982, p.16-17

CATIER, E., Industrial Lasers: Take Off Imminent, Electron, Ind. (France), May 1983, p.65-70

DULEY, W.W., C02 Lasers - Effects and Applications, Academic Press, London, 1976, p.390

DULEY, W.W., Laser Processing and Analysis of Materials, Lasers - Industrial Applications, Plenum Press, New York, 1983, p.463

HALL, R.B., Lasers in Industrial Chemical Synthesis, Laser Focus (USA), Sept. 1982, p.57-62

HITZ, C. Breck, The Laser Marketplace - 1984, Lasers & Applications, January 1984

JANJUA, M.S., K. Rathmill, Evaluating investment risks in the industrial application of a CNC laser profile cutting machine, Sheet Metal Industries, 1982

LARSON, Larry G., Future Trends in Laser Imaging for the Graphic Arts Industry, Spie Semin Proc., V. 169, Spie, Bellingham, Wash. 1979, p.22-28

MACE, P.N., Excimer Laser Technology, Los Alamos Nat. Lab., Opt. Eng. (USA), 1981, p.935-40

MALAVADE, S.K., Laser, Electr. India, January 1982, p.19-24

METZBOWER, E.A., Applications of Lasers in Materials Processing, Conference proceedings, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1979, p.330

O'SHEA, Callen, Rhodes, An introduction to lasers and their application, Addison-Wesley, 1977, p.276

OSGOOD, R.M., S.R. BRUECK, H.R. Schlossberg, Laser Diagnostics and Photochemical Processing for Semi-conductor Devices, Symposia proceedings, Boston, Nov. 1982

POATE, J.M., J.W. MAYER, Laser Annealing of Semi-conductors, Semiconductor Industry - Laser Use in - Congresses; Semi-conductors - Congresses, Academic Press, New York, Toronto, 1982, p.564

PRYOR, T.R., R.K. ERF, A.D. GARA, Applications of Lasers to Production Metrology, Control, and Machine 'Vision', Diffracto Ltd., Windsor, June 1982, p.618-26

READY, John F., Cutting steels and steel products with a 2.5 kW multimode CO2 laser, Proceedings 1st Int. Laser Processing Conference, Paper 6, 1981

READY, John F., Industrial Applications of Lasers, Academic Press, New York, 1978, p.588

READY, John F., Lasers in Modern Industry, 1st ed., Society of Manufacturing Engineers, Marketing Services, Dearborn, Mich., 1979, p.268

READY, John F., Material Processing - An Overview, Proc. IEEE, V.70, June 1982, p.533-544

SAYEGH, G., R. Cazes, A.M. SCIAKY, The Laser's Position in the Industrial Marketplace, Weld. and Met. Fabr. (GB), Oct. 1979

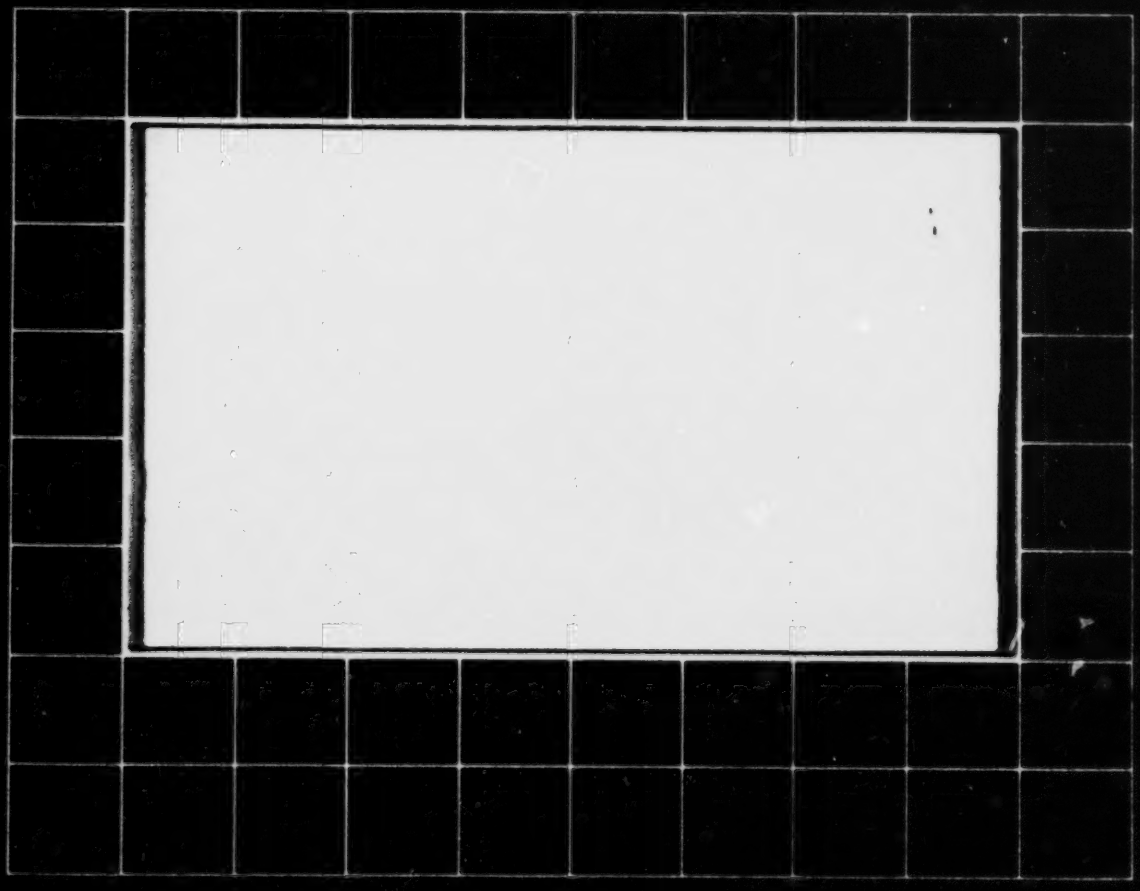
SONA, A.(ed), 1976, Lasers and their application, subject matter of a basic course on lasers held in Erice, Sicily, June 1979

UNDERWOOD, S., Bureaux with Lasers are taking the printing strain, Comput. Wkly., Sept. 1983

WHITE, C.W. P.S. PEERCY, Laser and Electron Beam Processing of Materials, Symposia proceedings held in Cambridge, Mass., 1979

Emploi et Immigration Canada

Employment and Immigration Canada



Canada

SYSTÈME DE PROJECTIONS
DES PROFESSIONS AU CANADA
S.P.P.C.

LE LASER AU CANADA : INCIDENCE SUR L'EMPLOI

E X A M E N P R É L I M I N A I R E

Preparé par:
A.D. Revill Associates Limited

Preparé pour:
Système de projections des professions au Canada (S.P.P.C.)
Politique stratégique et planification
Perspectives du marché du travail et analyse structurelle
Emploi et Immigration Canada

Février 1984

WH-3-427

Cette étude a été préparée par la companie A.D. Revill Associates Limited pour la direction des Perspectives du marché du travail et analyse structurelle. Les opinions qu'elle renferme sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement ce que pense cette direction ou le Gouvernement du Canada.

TABLE DES MATIÈRES

		PAGE
	TABLE DES MATIÈRES	i
1.0	INTRODUCTION	1
2.0	L'HISTORIQUE DU DÉVELOPPEMENT	2
3.0	APPLICATIONS	3
3.1	UTILISATIONS INDUSTRIELLES DES LASERS	3
3.1.1	Introduction	3
3.1.2	Perçage	4
3.1.3	Découpage	5
3.1.4	Décapage	6
3.1.5	Équilibrage dynamique	7
3.1.6	Soudage	7
3.1.7	Durcissement des surfaces	9
3.1.8	Placage	9
3.1.9	Marquage et gravure	9
3.1.10	Mesurage et inspection	10
3.2	APPLICATIONS COMMERCIALES	11
3.3	UTILISATIONS EN CHIMIE	12
3.3.1	Introduction	12
3.3.2	Spectroscopie	12
3.3.3	Contrôle des réactions	13
3.3.4	Séparation isotopique	13
3.4	COMMUNICATION PAR LASER	13
3.4.1	Transmission des données	13
3.4.2	Stockage des données	14
3.4.3	Traitement des données	15
3.4.4	Impression et traçage de graphiques à l'aide de lasers	15
3.5	ARPENTAGE	16
3.6	LASERS DE POURSUITE ET D'EXPLORATION	16
3.7	UTILISATIONS MÉDICALES	17
3.8	APPLICATIONS MILITAIRES	17
4.0	L'INDUSTRIE DU LASER	18

		PAGE
4.1	NOUVELLES ENTREPRISES DE FABRICATION	18
4.2	VENTES AU CANADA PAR DES FOURNISSEURS ÉTRANGERS	19
4.3	RECHERCHE SUR LE LASER	20
	4.3.1 Majestic Lasers Incorporated	21
	4.3.2 Canarctic Ventures Ltd. - Projet laser	22
5.0	INCIDENCE SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL	22
5.1	DEMANDE DE MAIN-D'OEUVRE POUR LA FABRICATION DE LASERS	22
5.2	DEMANDE DE MAIN-D'OEUVRE DANS LES INSTITUTIONS D'ENSEIGNEMENT	25
5.3	DEMANDE DE MAIN-D'OEUVRE DANS LE SECTEUR INDUSTRIALE	26
5.4	DÉPLACEMENT DE LA MAIN-D'OEUVRE	27
6.0	ESTIMATIONS QUANTITATIVES DE L'INCIDENCE SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL	27
6.1	EMPLOIS CRÉÉS PAR LES FABRICANTS CANADIENS DE LASERS	27
6.2	PÉNÉTRATION DU MARCHÉ INDUSTRIEL	28
7.0	RECOMMANDATIONS POUR LES RECHERCHES ULTÉRIEURES	29
	BIBLIOGRAPHIE	30

LE LASER AU CANADA: INCIDENCE SUR L'EMPLOI

EXAMEN PRÉLIMINAIRE

1.0 INTRODUCTION

Le laser est une nouvelle source de rayonnement électromagnétique allant de l'ultraviolet à l'infrarouge lointain. Ce rayonnement diffère de celui des sources classiques par deux aspects importants. D'abord, bien qu'il y ait des lasers pour presque toutes les fréquences de la gamme susmentionnée, chaque laser a une bande très étroite de fréquences, toutes très voisines d'une fréquence unique.

En deuxième lieu, la source de rayonnement résulte de l'émission de photons lorsque les électrons d'atomes ou de molécules perdent les quanta d'énergie fournis par une source extérieure quelconque. On retrouve le même mécanisme dans l'émission de lumière par une lampe fluorescente, quoique dans ce dernier cas les photons soient émis de façon aléatoire et la lumière soit dite incohérente. Dans un laser, chacun des mouvements ondulatoires est précisement en phase avec tous les autres et la lumière est cohérente; c'est le deuxième aspect important de cette source.

Grâce à ces deux caractéristiques, il est possible de focaliser l'énergie de la lumière d'un laser en un point précis. Grâce à cette concentration, de petites quantités d'énergie peuvent produire suffisament de chaleur pour fusionner, voire même vaporiser la plupart des métaux. Cette lumière peut être canalisée en un faisceau presque parfaitement colinéaire, c'est-à-dire dont la divergence est très faible en fonction de la distance. On peut donc réaliser un échauffement à une très grande distance de la source; par ailleurs, le faisceau lui-même peut être utilisé pour effectuer un positionnement ou un alignement à distance, ou pour véhiculer des informations par modulation. L'aspect monochromatique de ce rayonnement est également un avantage dans l'utilisation de certaines techniques photographiques et optiques poussées et de méthodes visant à effectuer des mesures précises.

2.0 L'HISTORIQUE DU DÊVELOPPEMENT

Le laser a été conçu à la fin des années 50 comme une extension, dans le domaine du visible du spectre électromagnétique, d'un phénomène qu'on exploitait déjà dans la région des micro-ondes. Au milieu des années 60, on parvenait à produire un faisceau à impulsions rouge très fin, d'une longeur d'onde de 0,6943 micromètre, le générateur du faisceau étant une tige de rubis.

Environ un an plus tard, une percée importante était réalisée grâce à la démonstration du premier laser à gaz utilisant comme matière un mélange d'hélium et de néon. Ce laser pouvait fonctionner de manière continue ou par impulsions et produire un rayonnement dans l'infrarouge.

Un an plus tard, la même matière permettait de produire des ondes laser dans le spectre visible.

En 1962, soit la même année, un type entièrement nouveau de laser était inventé, le laser à semiconducteurs. Contrairement aux appareils déjà décrits, le laser à semiconducteurs était très petit et délivrait de très petites quantités d'énergie; toutefois, il se présentait comme un outil particulièrement bien adapté aux applications de faible puissance. Ce qui importait avant tout c'était le rythme possible de sa commutation. Les développements intervenus au cours des vingt années suivantes ont fait naître un mode de communication totalement nouveau.

Toujours durant les années 60, la plupart des applications pratiques du laser étaient proposées. La principale raison qui explique le retard de plus de dix ans qui separe l'invention du laser de son implantation dans l'industrie tient à la difficulté de développer des outils industriels à partir d'appareils expérimentaux.

3.0 APPLICATIONS

La liste des procédés industriels, médicaux et scientifiques auxquels on a appliqué le laser est très longue. On peut regrouper ces procédés dans un nombre assez restreint de grandes catégories; toutefois, il ne faut pas oublier que lorsqu'on s'intéresse à l'incidence du laser sur la main-d'oeuvre, il est important d'insister sur les aspects particuliers plutôt que sur les aspects généraux. Par exemple, l'outil au laser qui découpe des rondelles de silicium, et qu'on utilise dans la fabrication des circuits intégrés à grande échelle, serait groupé dans la même catégorie d'applications que l'outil qui découpe le tissu d'un habit. En revanche, ces deux appareils auront une incidence très différente sur la demande de main-d'oeuvre et la nature des qualifications exigées des travailleurs de chacune de ces industries. Aussi, la liste qui suit ne doit-elle être prise que comme un simple moyen de délimiter le problème en question lorsqu'il s'agit de porter un jugement sur l'impact qu'aura sur la main-d'oeuvre canadienne de l'avenir cet outil relativement nouveau et très important.

3.1 UTILISATIONS INDUSTRIELLES DES LASERS

3.1.1 Introduction

Le laser est devenu graduellement un outil industriel d'une grande importance qui rend possibles certaines opérations autrefois impensables et qui permet d'en réaliser d'autres de façon plus économique.

En règle générale, les lasers semblent un choix judicieux lorsque le matériau à transformer est très dur, très fragile ou difficle à traiter par d'autres méthodes pour toute autre raison, ou encore lorsque le découpage ou le perçage exigent une très grande précision. Parce que l'échauffement dû au rayon laser peut être circonscrit à une région très petite d'une pièce à travailler, il est possible de réaliser certaines opérations comme le soudage en assemblage dans lequel certaines pièces sont sensibles à la chaleur. Les opérations particulières décrites brièvement ci-après ne sont

qu'un échantillon des travaux effectués tous les jours par les lasers, ou des travaux pour lesquels on envisage l'utilisation de cet outil.

3.1.2 Perçage

Lorsque le faisceau d'un laser ayant une puissance moyenne d'à peine quelques dizaines de watts est focalisé sur une superficie dont le diamètre est d'une fraction de millimètre, la puissance en un tel point atteint des milliards de watts par centimètre carré, soit une puissance suffisante pour vaporiser la plupart des matériaux et former un minuscule cratère à cet endroit. Selon l'épaisseur du matériau, la puissance réelle du faisceau et un certain nombre d'autres facteurs, le trou peut traverser entièrement ou partiellement le matériau.

Le perçage de trous à l'aide de lasers présente plusieurs avantages importants. Les matériaux durs et difficiles à couper comme le diamant et le saphir sont facilement traversés par le faisceau. Dans d'autres applications, c'est la caractéristique inverse du matériau qui rend l'utilisation du laser utile: les tétines en caoutchouc des biberons doivent avoir un trou très fin, ce qui est très difficile à faire en raison de l'élasticité du caoutchouc; le laser est tout indiqué pour cette tâche puisqu'il ne touche pas directement le matériau. Le papier de certaines cigarettes est percé de minuscules trous afin de contrôler la température de la combustion et de diminuer le niveau du goudron et des autres substances cancérigènes; pour faire ces trous, on utilise des lasers.

Il existe quand même des contraintes: ainsi la profondeur des trous, particulièrement dans les métaux, est limitée par la vapeur du matériau solide dans la cavité, ce qui a pour effet de blinder la base du trou. L'augmentation de la puissance du faisceau ou de la durée de l'impulsion permet de creuser le trou jusqu'à un certain point; cependant, l'échauffement de la pièce, la resolidification du matériau au sommet du trou et les hétérogénéités du diamètre du trou imposent une limite définitive, laquelle devrait être d'environ 1,5 centimètre pour les métaux.

3.1.3 Découpage

Le découpage à l'aide d'un faisceau laser est une extension du perçage; on le réalise en déplaçant soit le faisceau ou la pièce à travailler. Ces deux façons de procéder sont utilisées.

À plusieurs égards, il est plus facile de découper avec un laser que de percer. On recherche moins un fini particulier pour la cavité, et comme le matériau doit être entièrement perforé, un jet d'oxgène peut renforcer la puissance de découpage dans le cas des métaux. Lorsque la finition du bord de découpage d'un matériau inflammable comporte certains risques, on peut employer un jet de gaz inerte.

La plupart des matériaux peuvent être découpés par un rayon laser, mais les coûts liés à son emploi exigent que s'il veut être retenu, ce procédé soit plus avantageux que les autres procédés. C'est le cas du découpage et de l'ébarbage du silicium, de la céramique, du saphir et d'autres substrats non métalliques entrant dans les composants électroniques et pour lesquels il importe grandement que le découpage soit extrêmement précis. Certains découpages de ces matériaux, effectués par des lasers, ne pourraient être effectués autrement.

Les tissus peuvent être facilement découpés par plusieurs outils existants, mais un faisceau laser dont la position est commandée par un ordinateur permet de découper facilement et précisément des formes complexes. Les fabricants de vêtements pour hommes ont recours à cette méthode parce que le nombre d'habits taillés dans un tissu particulier et d'une certaine taille est assez petit. Le laser découpe sans problème une épaisseur de tissu, et on obtient avec lui un bord net qui ne s'effiloche pas. Les vêtements pour femmes sont fabriqués en plus grande quantité à partir d'un même tissu, et il est courant d'en découper plusieurs épaisseurs; c'est la raison pour laquelle on n'utilise pas le laser dans leur cas.

Une autre application du laser dans l'industrie du vêtement est la fabrication des patrons en carton à partir desquels on découpe le cuir des

souliers. Par contre, le cuir est difficile à couper avec le laser puisque sa densité et son épaisseur sont variables.

Le découpage de précision de matériaux non métalliques est également une opération indispensable dans la fabrication des matrices calibres en acier. Celles-ci sont utilisées pour obtenir des formes complexes à partir de différents types de matériaux en feuilles comme le carton qui sert à fabriquer des boîtes et d'autres emballages. La matrice fonctionne exactement comme un emporte-pièce, et elle est fabriquée en plaçant une bande de métal dans l'encoche d'un contreplaqué ou d'un matériau semblable. Les encoches peuvent être taillées par une mortaiseuse, mais le faisceau laser est un outil plus rapide et plus précis.

3.1.4 Décapage

L'aptitude d'un faisceau laser à vaporiser un matériau est appliquée à d'autres tâches industrielles. L'isolant de certains fils est très difficile à enlever par la plupart des méthodes classiques, mais ne résiste pas au faisceau laser.

Les résistances que l'on trouve dans les circuits électroniques peuvent être dues à une pellicule de carbone ou d'une autre matière déposée sur un substrat non conducteur. Le découpage de la pellicule effectué de manière à ne laisser qu'un mince ruban du fil conducteur permet de produire une résistance ayant la valeur désirée. Si ce découpage est effectué par un faisceau laser, on peut vérifier la résistance durant le découpage. De cette façon, on parvient à créer des résistances précises à 1% près de la valeur désirée.

Ce faisceau est également bien adapté à la production de surfaces parfaitement propres sur lesquelles on dépose à vide une pellicule de métal ou d'un autre matériau, ou à la production d'une surface exempte de substances étrangères.

3.1.5 Équilibrage dynamique

Certaines composantes qui doivent tourner à très grande vitesse doivent être parfaitement équilibrées pour ne manifester aucune vibration excessive ou usure des roulements. Cet équilibrage est obtenu dans les procédés classiques par une rotation de la pièce, l'identification de la partie où l'on doit enlever une certaine masse, l'arrêt de la rotation, l'enlèvement de la masse et la répétition de ce processus jusqu'à l'obtention d'un équilibre satisfaisant. Au moyen de lasers, un faisceau peut être dirigé sur la pièce en rotation et une courte impulsion d'énergie peut être délivrée pendant que la pièce continue à tourner. Le laser est en mesure d'émettre une impulsion suffisamment courte (quelques millionièmes de seconde) pour que la distance parcourue même à 24 000 tours par minute reste très faible et que le poids ne soit enlevé qu'en un seul point. La quantité de matériau enlevé habituellement est de l'ordre d'un milligramme par impulsion.

3.1.6 Soudage

On utilise maintenant largement le laser pour effectuer des travaux de soudage spécialisés. Parmi ceux-ci, mentionnons le soudage des bornes des circuits intégrés à grand échelle, c'est-à-dire des «puces» qui constituent les composantes actives de nombreux dispositifs électroniques miniatures comme les calculatrices, les mini-ordinateurs et les jeux électroniques.

À des niveaux de puissance plus élevés, mentionnons le soudage des grosses composantes électroniques comme les relais fermés hermétiquement; sans le laser, les traversées en verre fondraient sous l'action de la chaleur. D'autres lasers encore plus puissants sont employés dans le soudage des portes de réfrigérateur, et leur travail est tellement propre et net qu'ils rendent inutile toute finition avant que la peinture ne soit appliquée.

À des niveaux de puissance plus élevés encore, le laser peut souder à la vitesse de 60 pouces par minute des plaques d'acier inoxydables d'un pouce d'épaisseur. Des expériences sur des matériaux de deux pouces

d'épaisseur au moyen d'un laser de 80 kW montrent qu'on peut atteindre des vitesses comparables pour cette épaisseur.

Le soudage de l'acier ordinaire dans les conditions habituelles de l'industrie entraîne généralement des coûts moindres lorsqu'on a recours à des techniques classiques, même si ce n'est pas toujours le cas. La possibilité de diriger un faisceau vers un point d'accès difficile peut rendre le soudage au laser beaucoup plus intéressant. Cependant, toutes les applications ne se prêtent pas aussi bien à l'utilisation du laser. Ainsi, la compagnie Ford a déjà fait l'achat d'un gros système complexe destiné à souder le dessous des voitures. Ce système s'est avéré tout à fait inapplicable en raison de l'hétérogénéité des composants, hétérogénéité qui ne posait aucun problème durant le soudage à la résistance car les électrodes retenaient la pièce durant le cycle de soudage.

Le soudage de métaux différents ou de métaux ayant des points de fusion très faibles, comme le plomb, est plus facile avec un laser qu'avec tout autre instrument.

Le soudage des oléoducs et des gazoducs de gros diamètre aussi bien en usine que sur le terrain est une tâche très exigeante. La qualité de la soudure est un aspect important car toute rupture d'un joint entraînerait la coupure de l'alimentation durant les réparations, sans mentionner les risques de détérioration du milieu, de perte de vie et de dommage à la propriété.

Si la conduite est située dans une région éloignée, souterraine ou sous-marine, les difficultés et les coûts des réparations sont multipliés. Pour toutes ces raisons, on vérifie habituellement chaque soudure aux rayons X; on a déjà rapporté des taux de rejet atteignant jusqu'à 70%.

Tous ces problèmes peuvent être résolus par le laser. La soudure produite est intrinsèquement meilleure, toute l'opération peut être automatisée et la qualité du travail peut être maintenue à un niveau supérieur à celui du soudage manuel. Aucun de ces avantages n'est perdu même si l'on soude un de ces nouveaux aciers hautement alliés

pratiquement impossibles à souder au moyen des méthodes classiques. Bien que l'appareillage soit coûteux, son prix est largement compensé par les économies en main-d'oeuvre et la rapidité d'exécution. Finalement, aucun cordon de soudure ou métal d'apport n'est nécessaire, ce qui contribue à réduire considérablement les coûts. Vous trouverez à la section 5,0 une analyse plus poussée.

3.1.7 Durcissement des surfaces

On réussit à durcir nombre de métaux en les soumettant à un cycle approprié d'échauffement et de refroidissement. Le changement de la taille des grains et de la répartition des divers composants du matériau donne lieu à ce durcissement. Lorsque toute la pièce est chauffée, comme cela se produit dans la plupart des procédés de durcissement, elle peut se déformer; par ailleurs dans le cas de montages contenant plus d'un matériau, le régime de température optimal pour un des matériaux ne l'est pas nécessairement pour un autre. La laser est en mesure de produire un échauffement local sans changer la température de toute la pièce, ce qui évite la déformation ou la détérioration des composants voisins.

3.1.8 Placage

Le processus de formation d'un alliage à la surface d'un composant est semblable au processus de durcissement, sauf que dans ce premier procédé, on ajoute une poutre métallique que l'on fait fondre de façon à former une pellicule sur la surface. Ceci peut changer la résistance à l'usure ou d'autres propriétés de la pièce; parce qu'on fournit une chaleur très intense pendant un très court instant, il y a peu de distorsion, sinon aucune.

3.1.9 Marquage et gravure

La capacité que possède un faisceau laser de vaporiser la surface d'une cible est exploitée de deux façons pour le marquage alphanumérique ou le marquage de caractères sur une variété presque infinie de pièces, de montages ou d'ensembles.

La première façon, sans doute la plus évidente, consiste à utiliser le faisceau pour «écrire» à la manière d'une imprimante à matrice de points; c'est une technique très souple au moyen de laquelle on peut commander manuellement l'écriture à partir d'un clavier ou d'un ordinateur.

L'autre façon s'apparente au marquage au pochoir. Au lieu d'utiliser un faisceau très fin, on utilise un faisceau plus large qui balaie la région à marquer. Un masque dans lequel les informations à marquer ont été découpées bloque le faisceau de photons au-dessus des endroits qui ne doivent pas être attaqués; ainsi, tous les caractères du masque sont marqués d'un seul coup.

Cette méthode est rendue plus souple en utilisant, au lieu d'un masque fixe, un disque tournant portant la découpe de plusieurs caractères. La position instantanée du disque est captée et transmise à un microprocesseur qui déclenche le laser lorsque le symbole désiré est à la bonne position. Le flou causé par le déplacement du masque durant l'impulsion est négligeable à cause de la brièveté de l'impulsion, qui est d'environ une microseconde.

L'emploi du masque est moins coûteux que le marquage au moyen d'une matrice de points, et on y a largement recours pour l'inscription de la date limite des produits périssables. Le masque tournant est idéal pour le marquage des codes de fabricants sur les produits empaquetés ou les pièces durant la fabrication.

3.1.10 Mesurage et inspection

La cohérence de la lumière émise par un laser peut être exploitée de nombreuses façons pour le mesurage de précision. Il en est ainsi parce que la partie réfléchie du faisceau se recombine avec la partie incidente transmise et que leur somme est fonction de la différence des trajets de ces deux parties. S'il y a un nombre entier de demi-longueurs d'onde, ces deux parties seront en phase et la lumière sera maximale; par contre, si cette différence est égale à un nombre impair, les ondes seront en opposition de phase et la lumière sera minimale. Le diagramme

d'interférence formé de bandes claires et foncées peut être interprété et fournir ainsi des informations sur la nature de la surface réfléchissante.

La rugosité de la surface d'un composant apparemment lisse donne lieu à un diagramme aléatoire, appelé en anglais «speckles», qui nous renseigne sur l'état de la surface.

Des techniques d'évaluation plus élaborées faisant appel à des hologrammes montrent comment une pièce se déforme sous les contraintes et identifient, au moyen des changements du diagramme, les zones de concentration des contraintes où la rupture peut éventuellement se produire.

3.2 APPLICATIONS COMMERCIALES

L'un des domaines où l'utilisation du laser se répand de plus en plus est celui de la facturation des produits vendus dans les supermarchés. Un faisceau laser balaie le code d'identification du produit et introduit l'information recueillie dans l'ordinateur qui a en mémoire le prix courant de ce produit. A mesure que les articles passent devant le lecteur, l'ordinateur rédige la facture du client en décrivant l'article acheté et le prix demandé. Au même moment, l'enregistrement inventaire du magasin est mis à jour afin de refléter la baisse du stock due à cette vente.

3.3 UTILISATIONS EN CHIMIE

3.3.1 Introduction

Le laser est maintenant un outil très largement employé dans les travaux de recherche en chimie; son utilisation semble prometteuse dans des applications complexes comme la séparation isotopique.

3.3.2 Spectroscopie

L'une des applications des lasers à la recherche est la spectroscopie Raman. Dans cette technique, les raies spectrales provenant de la diffusion de l'énergie par des molécules permettent d'étudier la structure moléculaire ou d'identifier les substances d'un échantillon, comme les polluants de l'air.

Même si la diffusion Raman a été découverte et étudiée bien avant l'apparition des lasers, la lumière émise par ces derniers a une pureté et une intensité qui conviennent beaucoup mieux que la meilleure des lumières provenant d'une source classique. Cette technique est mise à profit pour détecter des drogues dans des liquides de l'organisme humain ou pour mesurer les impuretés dans d'autres échantillons.

Dans la spectroscopie d'absorption, l'énergie du faisceau est absorbée à des fréquences précises par des atomes ou des molécules de l'échantillon étudié. Le spectre résultant fait voir des raies noires correspondant à ces fréquences, modifiées dans un sens ou dans l'autre par le mouvement de ces atomes et de ces molécules. Les raies résultant de cet élargissement Doppler-Fizeau ne correspondent pas nécessairement à toute la structure fine de chaque résonance moléculaire. Cette structure fine peut généralement être révélée par un laser dont la fréquence est réglable dans une bande très étroite et par des techniques de séparation de faisceau appropriées.

3.3.3 Contrôle des réactions

La possibilité d'accorder un laser à la fréquence associée à une transition d'énergie particulière dans une molécule permet d'augmenter la vitesse d'une réaction voulue; en outre, la possibilité de limiter la durée de l'impulsion lumineuse à quelques milliardièmes de seconde permet l'étude des réactions qui ne durent que ce laps de temps.

3.3.4 Séparation isotopique

Une application éventuelle du laser à l'échelle industrielle est la séparation isotopique. Les isotopes d'un même élément ont des masses atomiques légèrement différentes. On parvient à les séparer en misant sur la différence de leur réaction lorsqu'ils sont soumis à des forces extérieures. La séparation à l'aide du laser s'obtient grâce à la petite différence entre les fréquences absorbées. Ainsi un laser adaptable peut tout à la fois exciter un atome d'un isotope sans rien provoquer dans un autre. L'absorption d'énergie donne une certaine quantité de mouvement à l'atome dans la direction normale à la direction du faisceau incident, ce qui réalise la séparation physique. Cette méthode semble exiger moins d'énergie que d'autres méthodes telles la centrifugation des gaz.

3.4 COMMUNICATION PAR LASER

3.4.1 Transmission des données

Un problème qui, jusqu'à tout dernièrement, semblait insoluble était l'étendue restreinte du spectre électromagnétique utilisé pour les communications. On sait de façon certaine que la vitesse de transmission des informations est fonction de la largeur de bande. La vitesse de transmission élevée dont nous avons besoin aujourd'hui dans le domaine des affaires et des loisirs a eu pour effet d'encombrer la partie utilisable du spectre.

La façon classique de résoudre ce problème a toujours été d'accéder à des fréquences de plus en plus élevées et de fonctionner dans des parties où la largeur de bande est une fraction de plus en plus petite de la fréquence de porteuse. Toutefois, avec l'apparition du laser, il est maintenant possible d'exploiter des fréquences allant de l'infrarouge lointain à l'ultraviolet en passant par les fréquences du spectre visible.

En modulant par impulsions un laser et en émettant le train d'impulsions résultant dans une fibre optique, on parvient non seulement à exploiter la

largeur de bande très grande de cette partie du spectre, mais on élimine de la diaphonie qui perturbe la téléphonie multivoies par fil ou la téléphonie hyperfréquence.

Il y avait, au début de 1984, environ 300 000 kilomètres de fibres optiques en usage en Amérique du Nord, et tout porte à croire que l'utilisation de ces fibres devrait se répandre rapidement. Par ailleurs, on estime que la valeur des immobilisations des entreprises téléphoniques serait de dix milliards de dollars, d'où le peu d'empressement qu'elles manifestent à se départir de l'appareillage existant.

3.4.2 Stockage des données

Au moment même où l'on veut transmettre plus de données, on veut également en mémoriser de plus en plus sous une forme que peuvent lire les machines. On a déjà envisagé l'utilisation du laser comme une des composantes clés dans plusieurs systèmes de stockage de données faisant appel à des matériaux thermomagnétiques, ferroélectriques et photocromiques. La société Kodak vient justement d'annoncer la mise en vente d'un disque dont la taille se compare à celle des disques magnétiques des gros ordinateurs, mais dont la capacité de mémorisation est cent fois plus grande.

Les faisceaux laser ont permis le stockage d'un genre différent d'information, le stockage du son et de l'image sur un disque vidéo lu par un appareillage vidéo de divertissement.

Grâce à des techniques analogues à celles du disque vidéo, une carte de la taille d'une carte de crédit fait fonction de mémoire morte ou de mémoire vive pour les micro-ordinateurs et les mini-ordinateurs.

Des techniques holographiques ressemblant à celles mentionnées brièvement dans les processus d'inspection ont été proposées pour la mémorisation de données; actuellement, ces techniques ne semblent pas très prometteuses.

3.4.3 Traitement des données

Des méthodes optiques faisant appel à un laser comme source de lumière peuvent servir à enlever les détails parasites des photographies. Une extension de cette méthode permet d'améliorer la reproduction à partir d'une série de transparents photographiques qui ne se différencient que par la quantité de bruits aléatoires. D'autres possibilités ont été avancées, certaines notamment qui semblaient prometteuses dans les années 60 et pourraient encore se révéler utiles de nos jours.

3.4.4 Impression et traçage de graphiques à l'aide de lasers

Les lasers sont utilisés dans plusieurs imprimantes commerciales, imprimantes qui servent sortout lorsque l'imprimé d'ordinateur comprend plusieurs centaines de pages. Il existe présentement des imprimantes laser permettant de travailler en mode connecté avec un ordinateur très rapide qui produit jusqu'à 20 000 lignes de texte par minute.

Il existe au Canada une machine (London Free Press) qui produit des plaques photographiques à polymère et des plaques demi-teintes. Même si peu de sociétés à part les imprimeurs de journaux ont besoin de machines ayant cette vitesse et cette souplesse, des opérateurs traitant les travaux de plusieurs entreprises pourraient amplement justifier le coût de telles machines (environ 500 000 $).

A mesure que ce champ d'activité s'élargira, il est fort probable que des versions moins coûteuses et peut-être moins performantes seront mises en vente.

3.5 ARPENTAGE

Pour obtenir les profils précis reportés sur les cartes à grande échelle, il faut faire appel à une équipe d'arpenteurs comprenant au moins trois hommes, le plus souvent quatre, pour chaîner les distances et lire les

niveaux. Un travail d'arpentage effectué par laser et mis au point lorsque les équipements d'arpentage laser (1972) firent leur apparition a consisté à cartographier une superficie de 310 milles carrés au Parc national du Grand Canyon (États-Unis). Avec l'appareillage classique, il aurait fallu cent années-personnes, alors qu'avec l'appareillage laser ce travail de cartographie n'a pris que six journées-personnes!

L'équipement laser dans lequel on utilise un faisceau étroit pour obtenir un alignement précis est employé dans la construction pour niveler avec pécision de grands terrains. C'est le même besoin de précision que l'on cherche à combler en équipant certaines machines de lasers pour contrôler les niveaux de terrains que l'on prépare pour une irrigation.

3.6 LASERS DE POURSUITE ET D'EXPLORATION

Les lasers sont utilisés pour la poursuite et la télémesure de la même façon que le radar, quoiqu'ils offrent une plus grande précision grâce à l'utilisation d'un faisceau moins divergent et d'une impulsion plus courte. On les a utilisé pour mesurer la distance de la terre à la lune; on a estimé que la précision était d'environ 15 cm en 1974. On s'attend à ce que l'utilisation d'impulsions plus courtes réduise l'erreur probable à 2 ou 3 cm.

Dans une autre application, un satellite géodésique muni de réflecteurs est éclairé par des impulsions laser à partir de différents points de la surface terrestre. Parce que les distances entre les stations terriennes et le satellite sont lues avec une prévision d'environ 2 cm, la distance entre deux stations terriennes peut être calculée avec un degré de précision équivalent. Des mesures effectuées sur un certain nombre d'années permettront de mesurer la vitesse de déplacement des plaques tectoniques et serviront dans la prévision des tremblements de terre.

3.7 UTILISATIONS MÉDICALES

A l'heure actuelle, les lasers sont utilisés dans plusieurs types de chirurgie, particulièrement en opthalomologie. Entre autres choses, ils permettent de traiter le décollement de la rétine, les lentilles embuées et l'apparition de fibres dans le corps vitré.

On les retrouve également en dermatologie où ils servent à l'enlèvement de marques disgracieuses sur la peau ou au traitement du cancer de la peau.

Ils servent également en chirurgie dentaire et en microchirurgie pour le traitement d'affections à des organes autres que l'oeil, et ils sont utilisés dans d'autres interventions chirurgicales, notamment pour réduire les pertes de sang.

3.8 APPLICATIONS MILITAIRES

Le laser se retrouve dans de nombreuses pièces d'équipement militaire pour la télémesure; on le propose même comme arme de destruction des missiles. Contrairement aux fusées et aux projectiles, une impulsion laser voyage à la vitesse d'environ 3×10^{10} m par seconde (approximativement 186 000 milles par seconde) de sorte qu'aucune manoeuvre d'évasion n'est possible. On ne sait pas encore s'il sera possible de concentrer suffisamment de puissance pour détruire les missiles dans toutes les conditions atmosphériques, d'autant plus qu'aucune information à jour n'est rendue publique.

Une arme rebutante conçue pour aveugler un observateur a été proposée comme mesure défensive, et nous de doutons pas qu'il y ait d'autres dispositifs militaires en cours d'étude.

4.0 L'INDUSTRIE DU LASER

L'industrie du laser est caractérisée pour le moment par un grand nombre de sociétés relativement petites, chacune tentant d'affermir sa position dans un certain créneau. Un relevé effectué en janvier 1983 par l'un des principaux journaux du domaine, Laser Focus, a passé en revue quarante sociétés, la plupart américaines.

A part quelques sociétés, pour lesquelles la production de lasers n'est qu'une activité parmi d'autres, aucune de ces sociétés ne peut véritablement être qualifiée d'importante selon les normes habituelles de classement des sociétés, même si les ventes totales en Amérique du Nord ont probablement dépassé 1,5 milliard de dollars* en 1983. De ce chiffre, la moitié environ a été accaparée par diverses applications militaires, l'autre moitié se répartissant grossièrement comme suit: 60% pour les ventes commerciales et 40% pour les ventes autres que militaires à différents paliers de gouvernement, principalement à des organismes et à des départements fédéraux des États-Unis.

4.1 NOUVELLES ENTREPRISES DE FABRICATION

Un rapport sur l'industrie américaine préparé par l'un des journaux d'affaires les plus influents (Laser Focus) démontre qu'il y a peu de chance, à présent, qu'une nouvelle entreprise de fabrication ait du succès. La plupart des applications prometteuses des lasers exigent une grande variété d'équipements auxiliaires, de sorte que le laser en soi ne représente que 10% au plus de la vente totale. Ainsi, une firme qui veut se tailler une place dans ce marché de produits finis doit être en mesure de fabriquer, ou au moins d'assembler, des appareillages complexes de manutention et de positionnement de matériaux dotés de régulateurs très

---

* Le niveau des ventes dépend de la définition que l'on donne à un laser. Comme la plupart des équipements périphériques entrent dans la définition de celui-ci, le volume apparent des ventes est plus élevé.

élaborés. Par contre, si la nouvelle société décide de conquérir le marché des constructeurs de matériaux, elle devra au départ offrir un niveau de fiabilité de performance qu'elle pourrait trouver difficile à atteindre. Il y a toujours la possibilité qu'une nouvelle invention solutionne un certain problème de recherche jusqu'alors insoluble ou qu'elle améliore grandement la production de manière à ce que des ventes en découlent automatiquement. On peut toutefois répliquer, outre que cette possibilite soit fort improbable, que nous vivons présentement une période où le financement des nouvelles sociétés n'est pas chose facile et que notre inventeur serait obligé de vendre son invention ou de travailler pour une des sociétés déjà dans le commerce.

4.2 VENTES AU CANADA PAR DES FOURNISSEURS ÉTRANGERS

Deux des plus importantes sociétés américaines dans le domaine du laser, Coherent et Spectra, ont des représentants des ventes au Canada; d'ailleurs, il n'est pas dit que d'autres sociétés ne soient pas représentées sur le marché canadien. Allen Crawford Associates, qui vend pour le compte de Coherent, ne vend que les produits scientifiques et médicaux de cette société, l'entreprise américaine se réservant les droits de vente de sa série de produits industriels. On constate la même situation pour ce qui a trait à Technical Marketing Associates et à la société qu'elle représente, Spectra Physics.

L'impact le plus important des lasers proviendra vraisemblablement de l'application éventuelle du laser à semiconducteurs au domaine des communications. On peut évaluer cet impact en considérant l'extraordinaire vitesse de transmission des données qu'il serait possible d'atteindre si on en faisait une exploitation intensive. On a estimé qu'il serait possible de transmettre l'équivalent de quatre ensembles de trente volumes de l'Encyclopedia Britannica sur une voie de fibres optiques et de lasers à semiconducteurs en une seconde. Le taux d'erreurs de transmission prévu à cette vitesse sur une voie de cent kilomètres serait à ce point faible qu'on ne relèverait probablement que la reproduction d'une lettre majuscule plutôt que d'une minuscule. Au fur et à mesure que la demande de

nouvelles voies de transmission augmentera pour les données, pour la télévision et pour d'autres services, la transmission optique remplacera vraisemblablement la transmission par impulsions électriques. Il en découlera une baisse de la demande de fils de cuivre de même qu'un changement des qualifications exigées des nombreux travailleurs des entreprises téléphoniques.

Le rythme de développement de ce changement technologique tout comme la façon dont seront introduits ces nouveaux dispositifs sont encore inconnus.

Il existe une autre application des lasers qui pourrait devenir importante dans l'avenir même si elle n'aura probablement pas une grande incidence sur le marché du travail. La lumière émise dans le spectre visible par un laser et réfléchie par les hétérogénéités d'une surface donne lieu à des «speckles» qui proviennent de l'interférence destructive et de l'interférence constructive associées aux longueurs de trajet variables de ces diverses réflexions. Ce phénomène peut être exploité pour «lire» un signal vidéo mémorisé sous forme d'hétérogénéités sur la surface d'un disque. Parce que rien ne touche cette surface et qu'il n'y a pas d'usure, un revêtement protecteur transparent que traverse le faisceau laser protège le disque contre toute égratignure. De plus cette méthode permet d'obtenir une reproduction de très haute qualité. Comme dans le cas des lasers de communication précités, on ne sait pas comment ces appareils seront commercialisés au Canada, mais il est fort probable qu'ils seront fabriqués à l'égranger.

4.3 RECHERCHE SUR LE LASER

Partout dans le monde, on note un intérêt très marqué pour la recherche sur le laser. Cette recherche va du développement d'un laser à semiconducteurs de quelques microwatts à la conception d'appareils de soudage rapides pouvant fonctionner de manière continue à des puissances de 150 kW et au-delà. Une grande partie de ces travaux est effectuée aux États-Unis, bien qu'il se fasse beaucoup de recherche et de développement, mais peu de fabrication, ailleurs dans le monde. Le principal

concurrent des États-Unis est le Japon. Les découvertes des Japonais dans le domaine des lasers à semiconducteurs et des lasers CO_2 à grande puissance ont déjà été signalées dans la littérature américaine. Il est probable qu'une étude détaillée des travaux qu'ils ont entrepris dans ce domaine nous révélerait de nouveaux champs d'intérêt insoupçonnés.

Une étude des travaux réalisés en Europe, datée de juin 1983, a révélé que 131 institutions effectuaient des recherches sur tous les aspects théoriques et pratiques des lasers.

En plus des cinq sociétés canadiennes qui s'occupent de la production commerciale, diverses universités canadiennes (Toronto, York, Alberta et sans doute d'autres) font de la recherche dans ce domaine. Le Conseil national de recherches et probablement l'Établissement de la recherche pour la défense effectuent des recherches fondamentales, tandis que les activités de développement, c'est-à-dire les activités les plus susceptibles de toucher le marché de la main-d'oeuvre, sont effectuées à Edmonton, en Alberta et à Richmond, en Colombie-Britannique.

4.3.1 Majestic Lasers Incorporated

Cette société est une filiale en propriété exclusive de Majestic Contractors Ltd. d'Edmonton. La société mère exécute à l'échelle mondiale des contrats d'affaires liés principalement à l'industrie pétrolière; voici quelques entreprises types: oléoducs, terminaux et raffineries. Ce sont les difficultés rencontrées par cette société dans la production de soudures satisfaisantes, dans les conditions sur le terrain, qui l'ont incitée à créer sa propre filiale d'exploitation du laser il y a deux ans.

Le laser proprement dit est fonctionnel, et les tâches actuelles gravitent autour des aspects robotiques de la manipulation des pièces de travail, du positionnement de la tête de soudure et de l'exécution des inspections indispensables de la soudure terminée.

Le laser utilisé est du type CO_2 et délivre de manière continue une puissance de quelques «dizaines de kilowatts». Cet appareillage

atteindrait une vitesse de soudure de un à deux mètres à la minute dans le cas d'un acier type des oléoducs de gros diamètre, une vitesse de loin supérieure à tout ce que l'on peut obtenir à l'aide d'un appareillage classique. On dit qu'il s'adapte aussi bien au travail en usine qu'au travail sur le terrain.

4.3.2 Canarctic Ventures Ltd. - Projet laser

Cette organisation située à Richmond, en Colombie-Britannique, ressemble beaucoup à la société Majestic Laser. Tout comme celle-ci, cette société est la propriété d'un entrepreneur en oléoducs et en est encore à la phase du développement.

5.0 INCIDENCE SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL

5.1 DEMANDE DE MAIN-D'OEUVRE POUR LA FABRICATION DE LASERS

C'est l'industrie de la fabrication de lasers qui aura l'impact le plus direct et le plus évident sur la demande de main-d'oeuvre. Dans cette industrie, on comprend les deux sociétés de l'Ouest du Canada qui procèdent actuellement aux dernières étapes du développement de leur produit. La demande potentielle de travailleurs de tous genres pour les cinq années à venir a été analysée en consultation avec des représentants de cinq sociétés canadiennes de l'Est au cours d'une enquête visant à recueillir des renseignements. Ces compagnies sont: Gen-Tech, Lumonics, M.P.B. Technologies Ltd., Photochemical Research Associates Ltd., Ultra Laser Tech. Comme la plupart de ces sociétés jugeaient que cinq ans était la limite extrême de ce qu'elles considéraient comme l'avenir prévisible, elles ont toutes insisté pour que leurs estimations de la demande de main-d'oeuvre ne soient pas considérées comme des données définitives.

Le tableau 1 présenté ci-après indique le nombre d'employés engagés actuellement par chacune des sociétés; à partir des projections de croissance présentées par les sociétés déjà en exploitation, et en supposant

le même taux de croissance pour les deux qui ne le sont pas encore, on a obtenu le niveau d'emploi donné dans la deuxième colonne.

TABLEAU 1

TRAVAILLEURS ACTUELS ET À VENIR DANS L'INDUSTRIE DE LA FABRICATION DE LASERS AU CANADA, GROUPÉS PAR CATÉGORIES DE MÉTIERS

Catégorie de métiers	Employés en 1983	Employés prévus pour 1988
Ingénieurs et physiciens	67	359
Technologues et techniciens	64	453
Opérateurs de lignes d'assemblage	52	480
Autres	32	120
Total	215	1412

5.2 DEMANDE DE MAIN-D'OEUVRE DANS LES INSTITUTIONS D'ENSEIGNEMENT

La croissance de l'industrie du laser au Canada devrait créer de nouveaux emplois, d'où la nécessité de former des personnes pour les occuper. Cette nouvelle situation ne devrait pas susciter l'embauche de plusieurs nouveaux spécialistes techniques dans les collèges professionnels et dans

les universités, même là où les compétences ne sont pas déjà en place. Le nombre de postes de cette nature prévus pour les cinq prochaines années sera, à n'en pas douter, très faible, probablement entre cinq et dix.

Il est possible que les institutions d'enseignement augmentent leur personnel afin de fournir une formation modifiée dans les disciplines médicales qui font usage du laser. Cette formation devra s'adresser non seulement aux étudiants qui voudront utiliser le laser dans l'exercice de la médecine, mais également aux technologues et techniciens de laboratoire qui assureront le fonctionnement et l'entretien de l'appareillage. De nouveau, il est difficile d'estimer la demande qui en résultera, surtout parce qu'on ne connaît pas le nombre d'instructeurs de ce genre se trouvant déjà dans les universités. On ne croit pas faire une très grande erreur en supposant qu'il y aura dans chaque université au moins un technologue en mesure d'utiliser une assez large gamme d'appareils laser et qui peut à la fois entretenir l'équipement de l'institution et agir comme démonstrateur dans les cours pratiques.

Bien que ce présent document ne vise que l'étude de l'incidence possible des lasers sur l'emploi, on doit souligner que l'introduction de l'électronique dans de nombreux domaines scientifiques exigera sans doute de nouvelles qualifications pour les travailleurs dans ces disciplines. Peut-être parce que de nombreux chercheurs ont vu à la construction de leur appareillage, ils ont pris l'habitude de le faire entretenir dans leur propre institution; cependant, l'arrivée de nouveaux appareils dans les laboratoires devrait susciter une plus grande demande de techniciens formés spécialement pour les utiliser.

5.3 DEMANDE DE MAIN-D'OEUVRE DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL

Les appareils laser sont coûteux et, à l'instar de la plupart des autres machines industrielles, dangereux à moins qu'on en fasse un usage adéquat. Pour ces deux raisons, il va de soi que les fabricants qui vendent ce genre d'appareillage désirent que celui-ci soit utilisé et entretenu par du personnel qualifié. Aux États-Unis, on semble laisser au

fabricant d'équipements laser le soin de dispenser la totalité, ou la majeure partie, de la formation aux employés de leurs clients en ce qui a trait à l'utilisation des lasers. On ne connaît pas le degré de scolarité que les fabricants exigent des candidats qu'ils doivent former, mais il est fort possible qu'ils exigent une scolarité que l'on retrouve très rarement parmi les employés des industries qui achètent ou pourraient acheter des lasers. Ainsi, un fabricant de vêtements pour hommes aura à embaucher un ou plusieurs techniciens en électronique dès qu'il commandera une machine de coupe des vêtements. Les mêmes considérations devraient s'appliquer dans les sociétés de fabrication de contenants en carton si celles-ci décident d'utiliser un outil de découpage au laser pour fabriquer leurs matrices calibres en acier.

L'utilisation de lasers dans l'industrie électronique, même à titre de nouveaux instruments pour le découpage et l'ébarbage des composants électroniques, ne devrait pas causer de problèmes à certains travailleurs de ces sociétés qui pourront facilement acquérir les connaissances spécialisées nécessaires à leur travail. Il pourrait y avoir au Canada des débouchés pour la création d'un atelier capable d'effectuer sur demande une large gamme d'opérations industrielles. La création éventuelle d'une telle industrie pourrait accroître la demande en ingénieurs et techniciens qualifiés et polyvalents.

5.4 DÉPLACEMENT DE LA MAIN-D'OEUVRE

L'une des principales motivations des chefs d'entreprise, lors de l'achat de nouveaux équipements de production, est la perspective de diminuer les coûts. Et les coûts dont on parle sont généralement ceux de la main-d'oeuvre. Parfois les employés déplacés peuvent trouver un autre emploi dans la même société, mais ce n'est pas toujours le cas.

L'analyse de la productivité d'une machine de découpage au laser commandée par un ordinateur, utilisée dans un atelier britannique de fabrication de métal en feuilles, a démontré qu'une seule de ces machines pouvait faire le travail de dix-huit découpeurs manuels. D'ailleurs, il ne

fait aucun doute qu'on retrouvera des statistiques semblables sur l'emploi dans les commerces du vêtement par la suite de l'utilisation de machines de coupe des vêtements, ou dans l'industrie de la fabrication des matrices calibres en acier servant de modèles pour les boîtes en carton.

Si le soudage au laser remplit un tant soit peu les promesses technologiques avancées par ses partisans, on doit s'attendre à ce qu'il ait une incidence significative sur la main-d'oeuvre dans ce secteur.

6.0 ESTIMATIONS QUANTITATIVES DE L'INCIDENCE SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL

6.1 EMPLOIS CRÉÉS PAR LES FABRICANTS CANADIENS DE LASERS

Le tableau de la section 5 montrant le nombre de travailleurs dont aura besoin l'industrie de la fabrication repose sur les prévisions de vente établies par les sociétés existantes. Si ces prévisions devaient se réaliser, le secteur canadien de l'industrie de la fabrication de lasers connaîtrait au cours des cinq prochaines années une expansion dont le rythme égalerait environ trois fois celui (mesuré en dollars constants) atteint par l'ensemble des industries nord-américaines durant la décennie 1971 à 1981. Un tel rythme n'est pas irréaliste, soit, mais il faut être prudent et être bien conscient que cette estimation de la demande de main-d'oeuvre est la limite supérieure de la probabilité.

6.2 PÉNÉTRATION DU MARCHÉ INDUSTRIEL

Notre relevé initial démontre que l'emploi des lasers dans l'industrie canadienne n'est pas encore trés répandu. Il semble y avoir deux facteurs distincts qui influent sur la conquête de ce marché.

Ainsi qu'on l'a déjà indiqué, la vente d'un appareillage laser à un fabricant suppose une bonne connaissance de son fonctionnement, ce qui laisse croire que les lasers seront d'abord appliqués à des industries plutôt qu'à

des zones géographiques. On est donc justifié de penser que les filiales canadiennes de compagnies américaines qui font déjà usage de lasers devraient être des clients tout désignés. Toutefois, c'est ici que le second facteur déjà annoncé entre en ligne de compte. Les équipements laser étant coûteux et productifs, il est judicieux du point de vue commercial d'utiliser une seule machine à la fois pour la société nord-américaine et pour l'usine de la filiale canadienne, de sorte que toutes les opérations de production utilisant le laser sont effectuées aux États-Unis.

Même si la filiale canadienne d'un client américain devrait normalement être un acheteur, il pourrait être plus rentable pour une compagnie se trouvant en Californie de chercher de nouveaux utilisateurs industriels dans sa propre région géographique, plutôt que de restreindre l'utilisation du laser à un seul secteur industriel.

Il est fort probable que la détermination du rythme d'implantation des lasers au Canada et de son incidence possible sur la main-d'oeuvre nécessiteront des travaux additionnels ainsi qu'on le décrit brièvement ci-après.

7.0 RECOMMANDATIONS POUR LES RECHERCHES ULTÉRIEURES

De toutes les applications éventuelles du laser au Canada, celle qui semble avoir la plus grande incidence à court terme sur le marché du travail est le soudage des aciers lourds et des alliages d'acier entrant dans la construction des oléoducs, des raffineries de pétrole et des bateaux. L'examen de l'influence éventuelle sur la main-d'oeuvre de ces dispositifs de soudage à haute puissance sera sans doute une activité importante. Il y a de nombreux travailleurs canadiens qui pratiquent le métier de soudeur, et le nombre de ceux-ci qui pourraient être touchés par l'apparition d'équipements laser pourrait être élevé.

Une première étape consistera à faire une estimation du nombre de travailleurs dont les emplois risquent d'être touchés si les prévisions de mise en oeuvre d'appareillages laser sont réalisées. Cette estimation

pourra servir d'indication à une analyse plus détaillée du marché qui permettra de prévoir la vitesse des bouleversements qui en résulteront.

Le rythme auquel l'industrie de la fabrication dans son ensemble adoptera les lasers et l'incidence possible de ceux-ci sur la demande de main-d'oeuvre pourront le mieux être déterminés par une analyse de l'expérience américaine, mais il est douteux que cela soit justifié.

BIBLIOGRAPHIE

Anon, Advances in Comercial Lasers, Laser Focus, janvier 1983

Anon, Bureax with lasers are taking the printing strain, Computer Weekly, septembre 1983

Anon, Colloquium on New Tools for Industrial Processes, Londres, Angleterre, avril 1983, page 22

Anon, Forecast in February issue reprinted from Laser Report, janvier 1982

Anon, Guide to European Laser Activity, Laser Focus, juin 1983

Anon, 1981 Economic Review: A Summary, Laser Focus, février 1982

Anon, Lasers in Industry, Energy & Photochemistry, Intl. Res. Dev. Inc., Norwalk, Conn. 1979

Anon, Lasers operation equipment application & design Coherent Inc. McGraw-Hill 1980

Anon, Review & Outlook 1981, Laser Focus, janvier 1981

BANAS, C.M., R. Webb, Proc. Welding, Proc. IEEE, juin 1982

BANAS, C.M., R. Webb, Macro-Materials Processing, Proc. IEEE (USA), Res. Center, United Technol. Corp., East Hartford, Ct., juin 1982, pages 556-65

BELLIS, Jeanette, Lasers: Operation, Equipment, Bass, Michael, Laser Materials Processing, Materials Processing Theory and Practices, V.3, Elsevier Science, 1983, p. 480.

BRUNNER, T.M., Laser Industry Looks at Laser Medicine and Surgery, Proc. Spie Int. Soc. Opt. Eng. (USA), Lasers in Medicine and Surgery, San Diego, Calif., août 1982, p. 7-10.

CASEY, D., Newspapers Cool off Hot Metal and Turn to Atex, Computing (GB), août 1982, p. 16-17

CATIER, E., Industrial Lasers: Take Off Imminent, Electron, Ind. (France), mai 1983, p. 65-70

DULEY, W.W., CO2 Lasers - Effects and Applications, Academic Press, Londres, 1976, p. 390

DULEY, W.W., Laser Processing and Analysis of Materials, Lasers - Industrial Applications, Plenum Press, New York, 1983, p. 463

HALL, R.B., Lasers in Industrial Chemical Synthesis, Laser Focus (USA), septembre 1982, p. 57-62

HITZ, C. Breck, The Laser Marketplace - 1984, Lasers & Applications, janvier 1984

JANJUA, M.S., K. Rathmill, Evaluating investment risks in the industrial application of a CNC laser profile cutting machine, Sheet Metal Insustries, 1982

LARSON, Larry G., Future Trends in Laser Imaging for the Graphic Arts Industry, Spie Semin Proc., V. 169, Spie, Bellingham, Wash. 1979, p. 22-28

MACE, P.N., Excimer Laser Technology, Los Alamos Nat. Lab., Opt. Eng. (USA), 1981, p. 935-40

MALAVADE, S.K., Laser, Electr. India, janvier 1982, p. 19-24

METZBOWER, E.A., Applications of Lasers in Materials Processing, Conference proceedings. American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1979, p. 330

O'SHEA, Callen, Rhodes, An introduction to lasers and their application, Addison-Wesley, 1977, p. 276

OSGOOD, R.M., S.R. Brueck, H.R. Schlossberg, Laser Diagnostics and Photochemical Processing for Semi-conductor Devices, compte rendu du colloque, Boston, novembre 1982

POATE, J.M., J.W. Mayer, Laser Annealing of Semi-conductors, Semi-conductor Industry - Laser Use in - Congresses; Semi-conductors - Congresses, Academic Press, New York, Toronto, 1982, p. 564

PRYOR, T.R., R.K. Erf, A.D. Gara, Applications of Lasers to Production Metrology, Control, and Machine 'Vision', Diffracto Ltd., Windsor, juin 1982, p. 618-26

READY, John F., Cutting steels and steel products with a 2.5 Kw multimode CO2 laser, compte rendu de la première conférence internationale du traitement par laser, communication 6, 1981

READY, John F., Industrial Applications of Lasers, Academic Press, New-York, 1978, p. 588

READY, John F., Material Processing - An Overview, Proc. IEEE, V.70, juin 1982, p. 533-544

SAYEGY, G., R. Cazes, A.M. Sciaky, The Laser's Position in the Industrial Marketplace, Weld. and Met. Fabr. (GB), octobre 1979

SONA, A.(ed), 1976, Lasers and their application, subject matter of a basic course on lasers held in Erice, Sicile, juin 1979

UNDERWOOD, S., Bureaux with Lasers are taking the printing strain, Comput. Wkly., septembre 1983

WHITE, C.W. P.S. Peercy, Laser and Electron Beam Processing of Materials, compte rendu d'un colloque tenu à Cambridge, Mass., 1979